

(11)Publication number : 03-292647

(43)Date of publication of application : 24.12.1991

G11B 7/26.

G01B 11/30

(21)Application number : 02-093156

(71)Applicant : MITSUBISHI PLASTICS IND LTD

(22)Date of filing :

10.04.1990

(72)Inventor : TAWARA KAZUYOSHI

(54) OPTICAL DISK INSPECTION DEVICE

(57)Abstract:

CONSTITUTION: A tracking error signal, a focus error signal, a tilt error signal (ERR signal), and a pit presence/absence signal (RF signal) are stored in a data storage device 4 through an A/D converter 9 together with read position signals (r) and θ of the RF signal on an optical disk 1. Simultaneously, a video signal BD is stored in a frame memory 6. A personal computer 7 fetches the reproduced video signal VD stored in the frame memory 6 and detection signals ERR and RF and position signals (r) and θ stored in the data storage device 4 while allowing them to correspond to each other on the same time base and executes various inspection processes. Thus, detection signals obtained by measuring the disk surface, etc., and the regenerative signal can correspond to each other, and relations between the defective part of the disk and that of the regenerative signal are easily recognized.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平3-292647

⑬ Int. Cl.:

G 11 B 7/26
G 01 B 11/30

識別記号

C

庁内整理番号

7215-5D
7907-2F

⑭ 公開 平成3年(1991)12月24日

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全12頁)

⑮ 発明の名称 光ディスク検査装置

⑯ 特 願 平2-93156

⑰ 出 願 平2(1990)4月10日

⑱ 発 明 者 田 原 一 義

神奈川県平塚市真土2480番地 三菱樹脂株式会社平塚工場
内

⑲ 出 願 人 三菱樹脂株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目5番2号

⑳ 代 理 人 井理士 谷 義 一

明 細 書

1. 発明の名称

光ディスク検査装置

2. 特許請求の範囲

1) 所定の速度で回転中の光ディスクに光ビームを照射し、該光ディスクからの反射光を受光する光学系と、

該光学系のピックアップのディスク半径方向の移動位置および前記光ディスクの回転位置を検出するセンサ部と、

前記光学系から得られる信号から再生信号を復調する復調手段と、

前記再生信号を記憶する第1の記憶手段と、

前記光学系から得られる1種以上の検出信号と前記センサ部から得られる位置データとを記憶する第2の記憶手段と、

前記再生信号を映像表示する表示手段と、

前記第1の記憶手段に記憶された前記再生信号

を順次読み出して前記表示手段に表示させると同時に、該再生信号に同期して前記第2の記憶手段に記憶された前記検出信号と前記位置データを読み出して所定の検査処理を行う演算制御手段とを具備したことを特徴とする光ディスク検査装置。

2) 前記表示手段に表示中の映像を途中で停止させる第1の指示手段と、

該第1の指示手段の指示により静止した前記表示手段の静止画像中の不良部位の位置を指示する第2の指示手段とを有し、

前記演算制御手段は該第2の指示手段で指示された前記再生信号中の不良部位に対応する前記検出信号と前記位置データを抽出して、不良の程度を表す図形情報に変換処理し、該情報を第2の表示手段に表示することを特徴とする請求項1に記載の光ディスク検査装置。

3) 1種以上の前記検出信号に対するディスク検

査用の基準値をあらかじめ設定する基準値設定手段を有し、

前記演算制御手段は取り込まれた前記検出信号のレベルと前記基準値とを比較して良否判定を行うことを特徴とする請求項1または2に記載の光ディスク検査装置。

(以下余白)

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

本発明は、光ディスクの計測、検査を行う光ディスク検査装置に関し、特に光ディスク上の信号の記録状況を把握するのに好適な光ディスク検査装置に関する。

[従来技術]

光ディスクを検査する従来装置としては、例えば特開昭59-183310号公報に記載されているように、可干渉光と光学系等を用いて光ディスクの欠陥となる微小高さ、あるいは深さの形状および位置を検出するものが一般に知られている。

[発明が解決しようとする課題]

しかしながら、上述のような従来装置では、光ディスク上の記録信号を再生する信号再生装置と別個の構成からなり、何ら関連付けられていないため、形状位置の検出信号と再生信号を対応させて検出、観測することができなかった。このた

め、従来装置では、検出された異状形状等が再生信号に実際にどのような影響を与えるかを特定することができなかった。

一方、このような検出信号と再生信号とを対応して計測することは、光ディスクや光ディスク記録装置の品質管理ばかりでなく、光ディスク等の改良、開発研究にとって有用であり、大きな需要があるものと考えられる。

また、光ディスクを計測する方法として、第1表に示すように顕微鏡によるもの、レーザー光干渉法、およびオシロスコープを用いたサーボエラー信号計測法があるが、いずれも再生信号との対応はつかなかった。なお、第1表中の()は再生信号との関連を問わない場合の計測可能の可否を示す。

(以下余白)

第 1 表

再生信号に影響する 形状反射の異状、 その度合い、その位置	計測法1 顕微鏡	計測法2 レーザ光 干渉法	計測法3 サーボエラー 信号計測法	生じ得る異状現象
トラック形状	不能(不能)	不能(可能)	類推可能	トラック間のジャンプによる不連続信号再生
ビット欠落 (不足)	同上(可能)	同上(可能)	不 能	再生信号の一部欠落による異状信号
ビット付加 (過剰)	同上(可能)	同上(可能)	不 能	再生信号中に生じるノイズ
面の凸凹 (傾き)	同上(不能)	同上(可能)	類推可能	隣接トラックの同時混合再生
反射率 大 ビット深さ	同上(不能)	同上(不能)	不 能	再生信号中に生じるノイズ
同上 小	同上(不能)	同上(不能)	同 上	再生信号欠損
ビット大きさ 大 (ビット間隔)	同上(可能)	同上(可能)	同 上	同 上
同上 小	同上(可能)	同上(可能)	同 上	同 上
トラックピッチ	同上(可能)	同上(可能)	類推可能	トラッキング異状による再生信号ノイズ
偏 心	同上(不能)	同上(可能)	同 上	ジッター量増加による信号のゆれ

そこで、本発明の目的は、上述の点に鑑みて、トラック形状、ビット欠落等に関する検出結果と再生信号とを対応して検出でき、異状箇所の再生信号を特定できる光ディスク検査装置を提供することにある。

〔課題を解決するための手段〕

上記目的を達成するため、本発明は、所定の速度で回転中の光ディスクに光ビームを照射し、該光ディスクからの反射光を受光する光学系と、該光学系のピックアップのディスク半径方向の移動位置および前記光ディスクの回転位置を検出するセンサ部と、前記光学系から得られる信号から再生信号を復調する復調手段と、前記再生信号を記憶する第1の記憶手段と、前記光学系から得られる1種以上の検出信号と前記センサ部から得られる位置データとを記憶する第2の記憶手段と、前記再生信号を映像表示する表示手段と、前記第1の記憶手段に記憶された前記再生信号を順次読み出して前記表示手段に表示させると同時に、該再

生信号に同期して前記第2の記憶手段に記憶された前記検出信号と前記位置データを読み出して所定の検査処理を行う演算制御手段とを具備したことを特徴とする。

また、本発明の一形態として、前記表示手段に表示中の映像を途中で停止させる第1の指示手段と、該第1の指示手段の指示により静止した前記表示手段の静止画像中の不良部位の位置を指示する第2の指示手段とを有し、前記演算制御手段は該第2の指示手段で指示された前記再生信号中の不良部位に対応する前記検出信号と前記位置データを抽出して、不良の程度を表す図形情報に変換処理し、該情報を第2の表示手段に表示することを特徴とする。

さらに、本発明の他の形態として、1種以上の前記検出信号に対するディスク検査用の基準値をあらかじめ設定する基準値設定手段を有し、前記演算制御手段は取り込まれた前記検出信号のレベルと前記基準値とを比較して良否判定を行うことを特徴とする。

【作 用】

本発明では、光ディスク上に記録されている信号をもとの映像・音声信号に再生すると同時に、センサ部から得られる検出信号（トラッキングエラー信号、フォーカスエラー信号、チルトエラー信号、RF信号）をピックアップの位置を示す位置信号（ r , θ ）とともに取り出して、それらの信号を一旦記憶し、次に再生（映像）信号と検出信号・位置信号を同一時間軸上で対応させつつ読み出して再生映像をモニタ手段に表示するとともに、光ディスクに関する各種検査処理を実行するようにしている。従って、本発明では、ディスク表面等を計測した検出信号と再生信号との対応が可能となり、またディスクの不良部位と再生信号上の不良部位との関連が容易に認識可能になる。このため、本発明によれば、光ディスクの不良部位の測定が容易となり、記録信号の不良部位のディスク面上での形状測定が可能となるので、ひいては不良ディスクの減少等を図ることができる。

算結果は第2のディスプレイ装置(CRT)12に表示される。8はパソコン7とフレームメモリ6に起動指示を与える操作キーである。

第2図～第7図は第1図の光学系2および受光用検出装置3の詳細な構成例を示す。

まず、第2図にピックアップの光学系2の構成を示す。レーザーダイオード21から出射された約3mWの直線偏光の光（発散光）は、回折格子22によって3本の光に分けられる。両側の2本の光がトラッキング検出用に、中央の光がフォーカス検出および記録信号用に用いられる。偏光ビームスプリッタ(PBS)23を通過した後、3本の発散光はコリメートレンズ24によって平行光となり、プリズムミラー25によってディスクに対して垂直な方向に立ち上がる。

この光は1/4波長板26で円偏光に変換され、2次元アクチュエーターに組み込まれた対物レンズ27がディスク1の半径方向、上下方向に移動することにより、ディスク1のピット面上に微細スポット19を結ぶように収束される。ディスク1中

【実施例】

以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。

第1図は本発明の一実施例の光ディスク検査装置の概略構成を示す。本図において、1は計測対象の光ディスク、2は光学系、3は光学系2を介して光ディスク1に光ビームを入射し、その反射光を受光する受光用検出装置である。4は受光用検出装置3からの各種検出データERR, RF, r および光ディスク回転モータ13のエンコード14からの回転角データ θ を一時的記憶するデータ記録装置であり、例えばRAM(ランダムアクセスメモリ)等からなる。5は受光用検出装置3で再生された記録信号を復調する復調器であり、復調器5で復調された画像信号（再生信号）はモニタ用のディスプレイ装置（以下、CRTと称する）11で表示されるとともに、フレームメモリ6に記憶される。7は上記検出データと再生信号とを基に各種検査を実行する演算制御手段としてのパーソナルコンピュータ（以下、パソコンと略称する）であり、その演

のピットによる回折を受け、さらに反射面で全反射された円偏光の回転方向が逆転した光は対物レンズ27に戻り、光路を逆にたどって再び1/4波長板26を通過することにより、入射光と直行する直線偏光に変換されるので、偏光ビームスプリッタ23では透過せずに反射されてフォトダイオード（ディテクター）29に至る。円柱レンズ28は、フォーカス制御信号検出のために必要である。

第3図はフォーカス制御信号検出の原理を示す。第3図(A)に示す通りディスク1の面上で反射され、偏光ビームスプリッタ23で反射された光は円柱レンズ28を通過し、フォトダイオード29の受光面に当たる。対物レンズ27による焦点位置に対してディスク1が近過ぎたり、遠過ぎたりしたときには、受光面には第3図(B)のような楕円形の光が当たり、第3図(C)のようなフォーカスエラー電圧を検出することができる。

一方、回折格子22で分けられた±1次光を（3本に分けられた光のうち両側の2本）第4図のように対物レンズ27で同一トラックでわずかに分離

したスポットに結ばせ、それぞれの反射光を信号検出用フォトダイオード29の両側(AおよびC)で検出し、その差でトラックとスポットのずれ量を検出する。

第5図はフォトダイオード29に当たった光の変化からFM、フォーカスエラー、トラッキングエラー、および4D和信号を取り出す信号ピックアップ回路を示す。4つに分割されたB1~B4のフォトダイオード29の出力がコンデンサを介して、AC成分をFMアンプ31で増幅する。この信号は映像・音声のFM信号で約14MHzまでの周波数成分がある。本例ではこの信号をビットの有無信号(RF信号)としても用いる。

フォーカスエラー検出は、B1~B4の低周波成分について、 $(B1+B3) - (B2+B4)$ を差動増幅器で取り出す。この信号が零になるように対物レンズ駆動用サーボが働く。本例ではこのフォーカスエラー信号を検出信号として抽出する。

4D和検出は、B1~B4の低周波成分について和をとったもので、ディスク面上に光の焦点が合っ

くと電圧が上昇する。これはフォーカスサーボループをONさせる信号として用いる。

トラッキングエラー検出は、A、Cのフォトダイオード出力を $(A-C)$ として、差動増幅器で取り出す。この信号が零になるように対物レンズ駆動用サーボが働く。本例ではこのトラッキングエラー信号を検出信号として抽出する。

第6図(A)はレーザー駆動回路を示す。第6図(B)に示すように、レーザーダイオード21はモニター用フォトダイオード41とともに1つのケースに収められており、レーザーダイオード21の光の量がモニターダイオード21で検出できる構造になっている。第6図(A)に示すように、レーザーダイオード21は、プレイ時以外は発光を停止するようになっている。プレイをしていないときには、レーザーON SWはGNDでトランジスタQ1のエミッタとコレクタ間が導通することにより、IC1③ピンがほぼGND電位となり、①ピンがH電位となるためトランジスタQ2はカットオフしてレーザーダイオード21には電流が流れない。

プレイ時には、トランジスタQ1のエミッタはレーザーON SWによってほぼ5Vとなり、IC1③ピンはH電位となる。このH電位はモニターダイオードに流れるモニター電流 I_m (レーザー光が照射されることでモニターダイオードに流れる電流)によって変動する。③ピンがH電位になることによって①ピンもH電位となり、トランジスタQ1、Q2が導通状態となってレーザーダイオードに電流が流れる。

レーザーダイオード21の電流は、モニターダイオード41に流れるモニター電流の変化として、IC1③ピンを制御し(モニター電流すなわちレーザー光量が一定になるように)、定常時で60~100mA程度流すようにする。

第7図はチルトサーボの概要を示す。ディスク1は完全な平面ではなく、ある程度そっている。ピックアップから出射されたレーザー光は、このディスク1のそりによって、ディスクに対して垂直に入射することができなくなる。その結果として、ディスク面上のレーザー光スポットに光学的

なひずみが生じ、ピックアップから出力されるトラッキングエラー信号のレベルが低下し、さらに隣接トラックの信号が漏れ込むクロストーク現象が現われ、ディスク溝への追従性能と画質が劣化する。従ってこのディスクのそりによる諸信号劣化を防止するため、ピックアップ全体の傾きをディスクのそりによる傾きに合わせて補正する必要がある。

このディスクの傾きの検出は、第7図に示すような対物レンズアクチュエーターに近接して取り付けられた検出器によって行う。この検出器は発光ダイオード44と一對の受光素子45により構成されている。ディスク1がそっている場合には、ディスクで反射されて受光素子45に戻る発光ダイオード44の出力は受光素子45の左右で異なる。従ってディスク1の傾きは、両受光素子の出力電流の差電流として取り出すことができる。この信号電流によってチルト機構を駆動し、ピックアップのディスクの傾きに合わせて傾ける。本例ではこの信号電流をチルトエラー信号として抽出す

る。

また、第1図に示すように、ピックアップヘッドにはピックアップ光学系2の位置デュータを発生するヘッド位置検出センサ15が設けられている。このヘッドは半径方向に直線移動するので、そのセンサ15としては例えばマグネットシールなどを用いることができる。上述した各種の検出信号はA/Dコンバータでデジタル信号に変換され、データ記憶装置4に記憶される。

次に、第1図および第8図～第11図を参照して、本発明実施例の動作を説明する。

電源入力によりモータ13が起動し、計測対象の光ディスク1が定常速度で回転すると、レーザダイオード21からの光ビームが光学系2を介して光ディスク1のトラック上のピットに向かって照射し、その反射光が検出装置3のフォトダイオード29(第5図参照)に受光される。検出装置3はモータ13の回転速度と同期した所定速度で光ディスク1の半径方向へ移動しつつ反射光の受光を行う。このとき、光学系2と検出装置3は同一の筐

体信号VDを映像表示用のCRT11に画像表示する。

操作者(観察者)がCRT11に次々に映し出された映像を目視により観察し、映像のみだれのような異状に感じる部分をさがして操作キー8をOFF(停止)にすると、第9図に示すように、その画面で静止画像となり、図示しないカーソルキーを用いて上述の異状に感じる部分にパソコン7で作られた位置検出カーソル(+で示す)を画面上で重ね合わせる操作を行うと、第10図に示すように、パソコン7は位置検出カーソルで指示されたディスク1上のピット列情報の有無を上記の検出信号ER、RFおよび位置信号 r 、 θ を基にCRT12上に映し出す。

次いで、パソコン7はCRT12に表示中の異状部分の検出信号のデータとあらかじめ設定した規格値とを比較演算することにより、良否の程度を算出し、その判定結果をCRT12上に表示する。あるいは、また、パソコン7はカーソルで指示された異状部分からディスク1に対する品質の良否判定

体に収納されているので、一緒に移動する。

以上の動作に併せて、上述したトラッキングエラー信号、フォーカスエラー信号およびチルトエラー信号(以上をER信号と称する)ならびにピットの有無信号(RF信号)が光ディスク1上のRF信号の読取り位置信号(すなわち、ピットの位置データ)である r 信号・ θ 信号とともに、A/Dコンバータ9でデジタル信号に変換されてデータ記憶装置4に保存される。同時に、RF信号が復調器5によりビデオ信号(映像信号)VDとオーディオ信号(音声信号)ADとに再生され、ビデオ信号VDがフレームメモリ6に記憶される。

計測対象の光ディスク1に対する以上の読取りおよび記憶動作が終了し、操作者が操作キー8をONにすると、パーソナルコンピュータ(パソコン)7が起動し、パソコン7はフレームメモリ6に記憶されている再生ビデオ信号VDとデータ記憶装置4に保存されている検出信号ER、RFおよび位置信号 r 、 θ を、第8図に示すように、同一時間軸上で対応させつつ取り込み、同時にその再生ビ

の新たな基準を作成し、その作成結果をCRT12に表示するとともに、図示しないプリンクでプリントアウトする。

また、第11図に示すように、上述の位置検出カーソルの指示に応じて、パソコン7は第8図に示す再生ビデオ信号VD上に V_e で示される不良部位に該当する検出信号ER・RF信号および位置データ r 、 θ を抽出し、抽出したこれらの信号を基に信号の異状量を形状量に変換処理したトラック形状画像をその位置データとともにCRT12の画面に拡大表示することができる。ここで、表示中のトラック歪量は位置データ r 、 θ から算出できるので、パソコン7はあらかじめ設定した規格値を基にトラック歪量の良否を判断して、その判断結果をCRT12上に表示することができる。

さらにまた、データ記憶装置4から読み出される信号としては、上述のように信号の記録されたトラック上の位置にピックアップが位置しているか否かを示すトラッキングエラー信号、ディスク面上にレーザスポットの焦点が合っているか否

かを示すフォーカスエラー信号、ディスク面の傾きの度合を示すチルトエラー信号、ディスク上のビットの有無を示すRF信号、ディスク半径方向におけるピックアップの位置を示す r 信号、ディスク円周方向におけるピックアップの位置を示す θ 信号があるが、これらの信号に対して不良部位か否か、異状部位か否かの判定基準となる基準値を内部ROM等にあらかじめ設定し、パソコン7はこれらの基準値を基にデータ記憶装置4から取り込んだ各信号を自動検査し、基準値を越えた箇所ではCRT11の映像を静止し、その位置の異状状態のデータ等を例えば第9図または第11図に示すようにCRT12上に表示することもできる。この場合、操作者は表示画面を確認して操作キー8を押すと、上記の自動検査が再開実行され、異状検出した時点で再び停止する。以上の動作が終了すると、CRT12に表示した検査結果が図示しないプリンタからプリントアウトされるというように構成することもできる。

上記のパソコン7の処理機能としては、プログ

ラムとして例えば次のものがある。①各データ相互の物理的距離算出表示、②計測位置、範囲、精度の指定、③変調率指示、④指示部の面積計算、⑤表示内容の強調、⑥画面の拡大・縮小、⑦データ処理(平均値、標準偏差、最大、最小)、⑧指定長さ以上、以下のデータ部検索、⑨ビット間隔の分類、⑩指定位置間のビット数のカウント⑪データのファイリング。

また、パソコン7で算出表示されるデータ項目としては、例えば次のものがある。①トラック形状(半径方向 $0.1\mu\text{m}$ 精度)、②トラックピッチ($0.1\mu\text{m}$ 精度)、③ビット幅(半径方向の長さ)($0.1\mu\text{m}$ 精度)、④偏心量($1\mu\text{m}$ 精度)、⑤ディスク面の凸凹($0.2\sim100\mu\text{m}$ 精度)、⑥ディスク面の傾き(円周方向、半径方向)、⑦ビットの長さ(円周方向)($0.1\mu\text{m}$ 精度)、⑧ビット間の距離(円周方向)($0.1\mu\text{m}$ 精度)、⑨データ取出し位置の座標($0.1\mu\text{m}$ 程度)。

また、光学系2としては通常の光ディスクプレーヤと同様のものを用いることができ、データ

記憶装置4としてはパソコン7のハードディスクを用いることができ、検出装置3も通常の光ディスクプレーヤと同様の構成のものを使用できるので、本発明装置は比較的廉価にかつ簡潔に構成することができる。

なお、上述の本発明実施例では光ディスク1としてビット(穴)を有する再生専用型の光ディスクを例示したが、本発明の計測対象の光ディスクとしてはこれに限定されず、例えば有機系色素材料を使った追記型光ディスク、書き換え可能な光磁気ディスク、相転移現象や有機系色素材料を利用した書き換え型光ディスク等にも適用できることは勿論である。

[発明の効果]

以上説明したように、本発明によれば、光ディスクの記録信号を再生した映像信号と、同時に検出された各種検出信号をピックアップの位置信号とともに取り出して記憶し、次に再生信号と検出信号、位置信号と同一時間軸上で対応させつつ読

み出して再生画像表示と各種検査処理を行うようにしたので、ディスク状態を計測した検出信号と再生信号との対応が可能となり、ディスクの不良部位と再生信号上の不良部位の関連を容易に認識でき、より適切な検査を行うことができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例の光ディスク検査装置の概略構成を示すブロック図、

第2図は第1図の光学系および検出装置の構成例を示す斜視図、

第3図(A)、(B)、(C)は第2図のフォトダイオード中の四分割フォトダイオードの作用を示す説明図、

第4図は第2図の3つのフォトダイオードの作用を示す説明図、

第5図は第1図の検出装置の検出回路の構成例を示す回路図、

第6図(A)、(B)は第2図のレーザー発生回路の構成を示す回路図および説明図、

第7図は第1図のERR 信号の1つであるチルトエラー信号を発生するセンサの構成例を示す断面図、

第8図は第1図のパソコンによりフレームメモリおよびデータ記憶装置から同期して読み出される信号の波形例を示すタイミングチャート、

第9図は本発明実施例における表示出力例を示す説明図、

第10図は第9図の表示画像と検出信号のエラー部分との対応の一例を示す説明図、

第11図は本発明実施例における他の表示出力例を示す説明図である。

8…操作キー、

9…A/D コンバータ、

11,12…表示装置(CRT)、

13…ディスク回転モータ、

14,15…センサー、

21…レーザーダイオード、

29…フォトダイオード、

44…発光ダイオード、

45…受光素子。

1…光ディスク、

2…光学系、

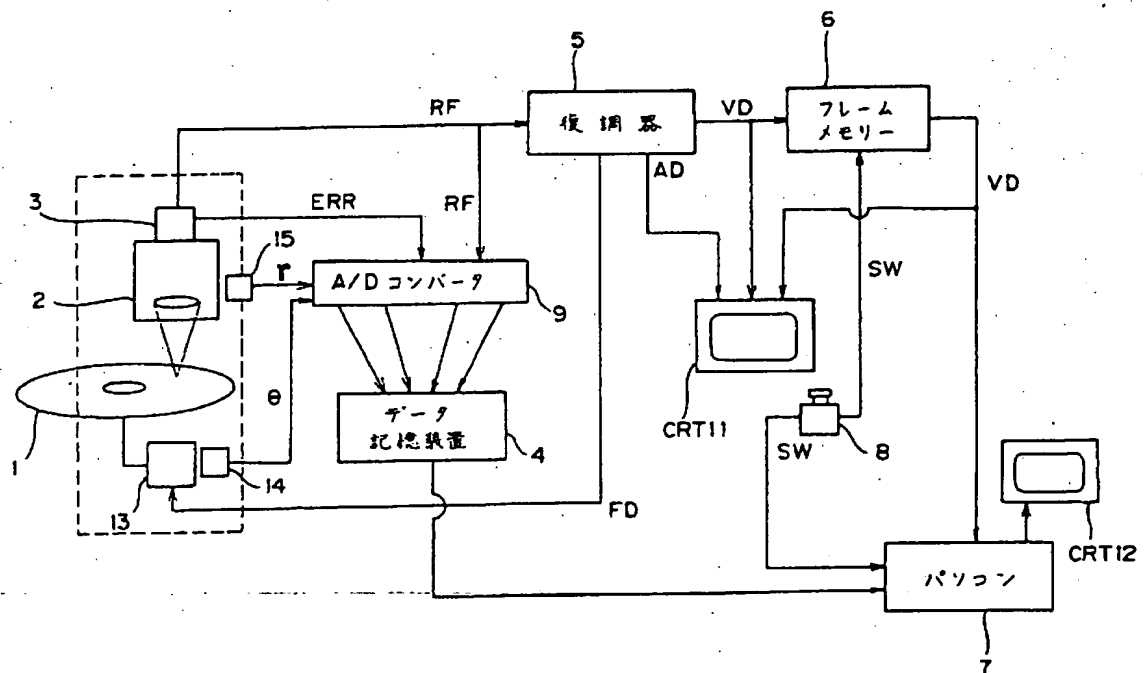
3…受光用検出装置、

4…データ記憶装置、

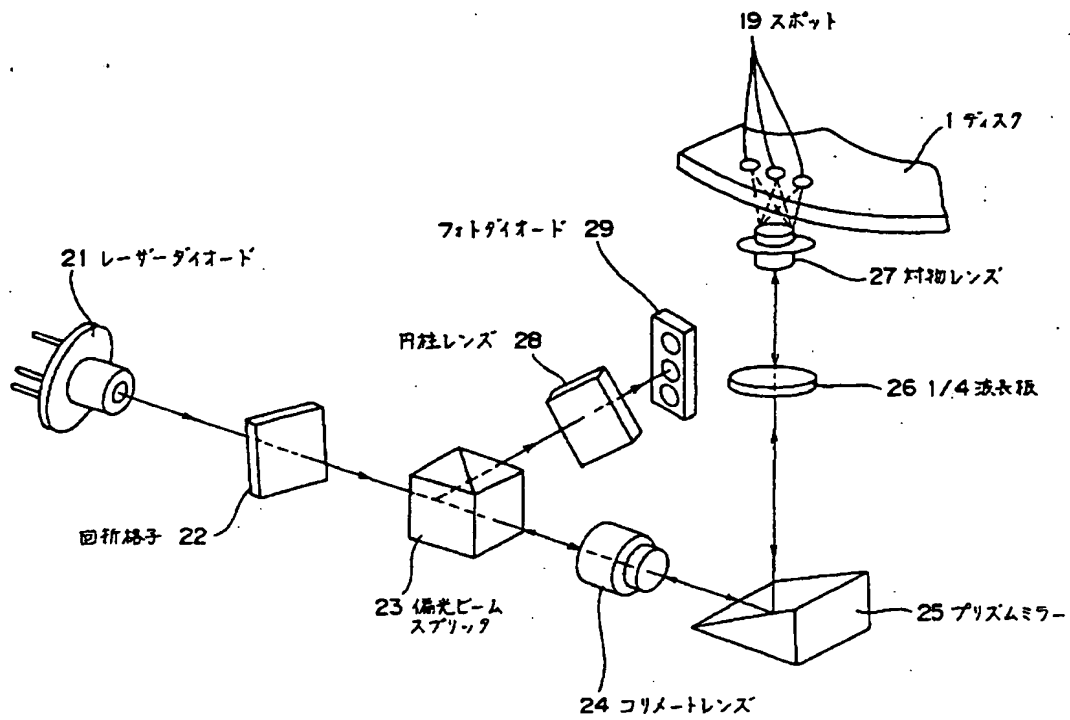
5…復調器、

6…フレームメモリ、

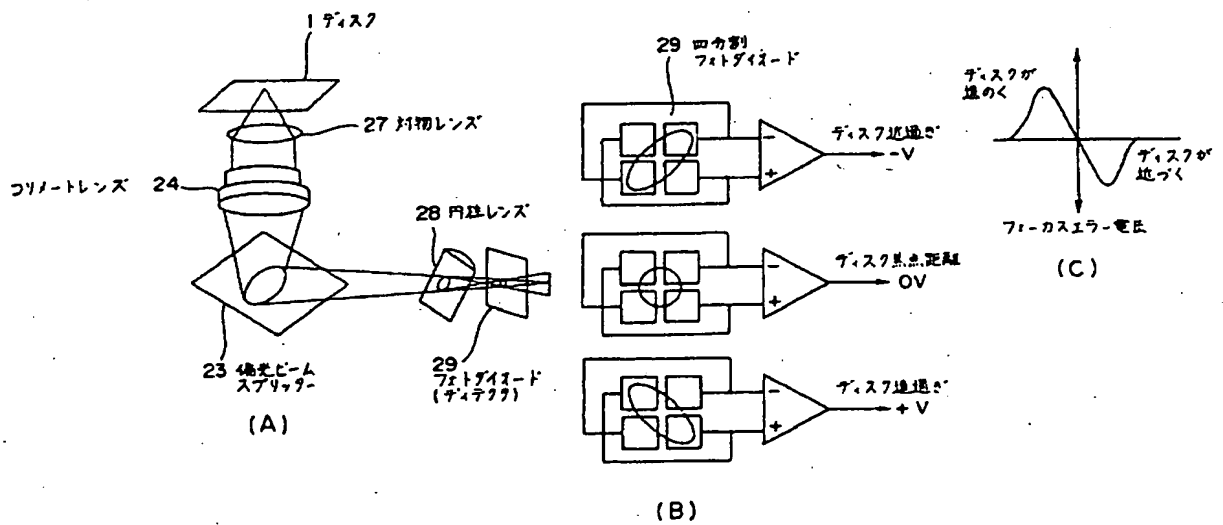
7…パーソナルコンピュータ(パソコン)、



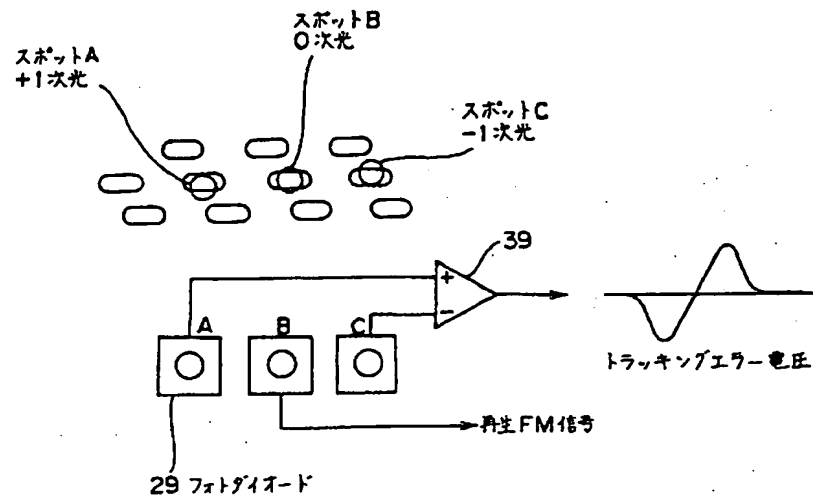
第 1 図



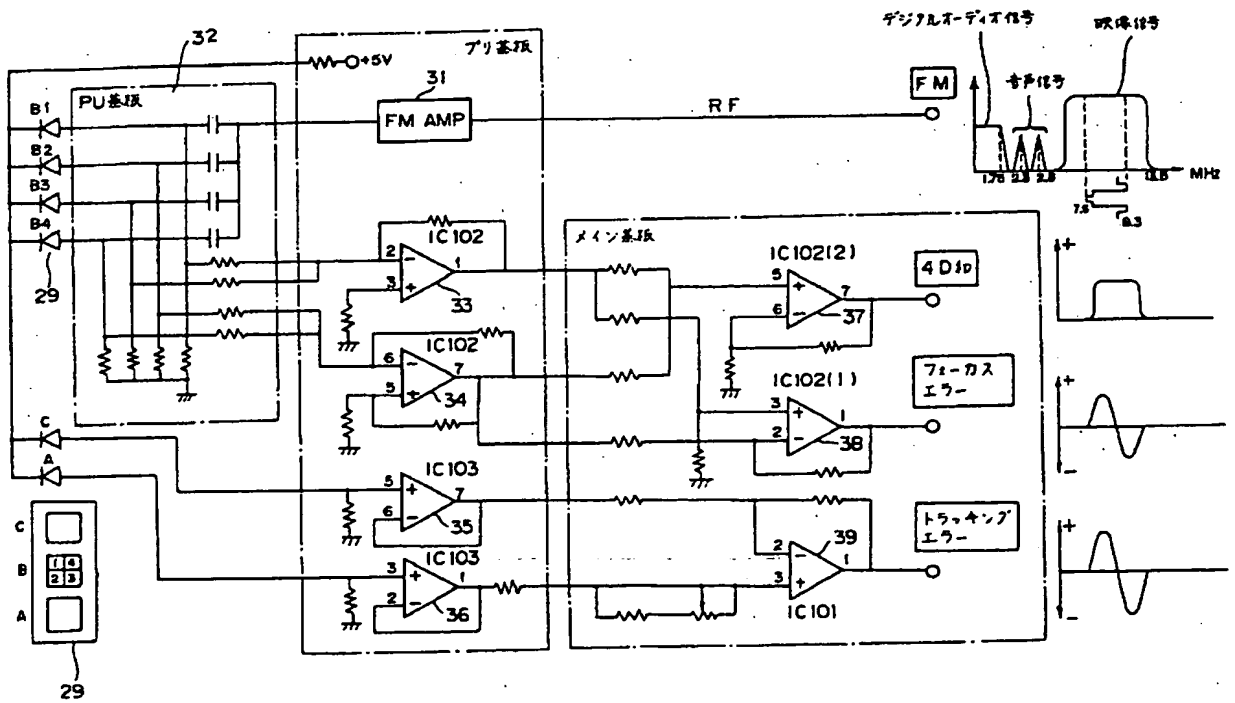
第 2 図



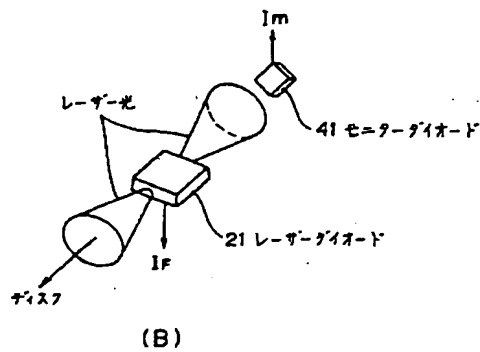
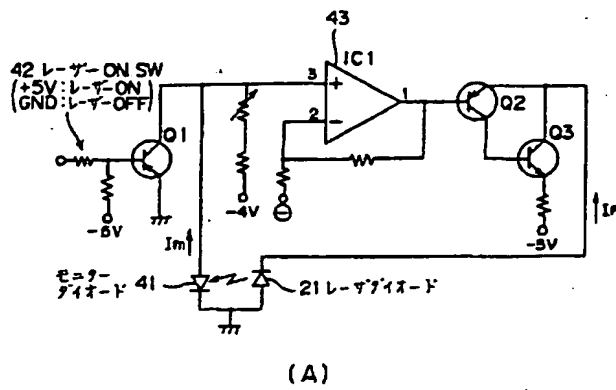
第 3 図



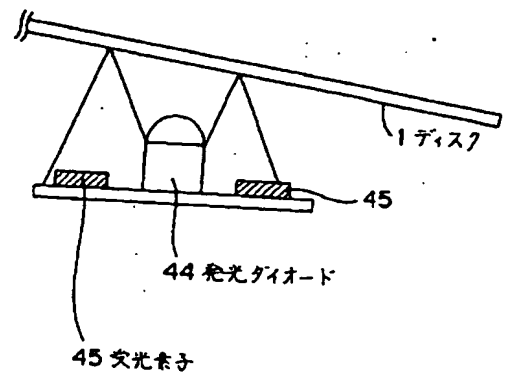
第 4 図



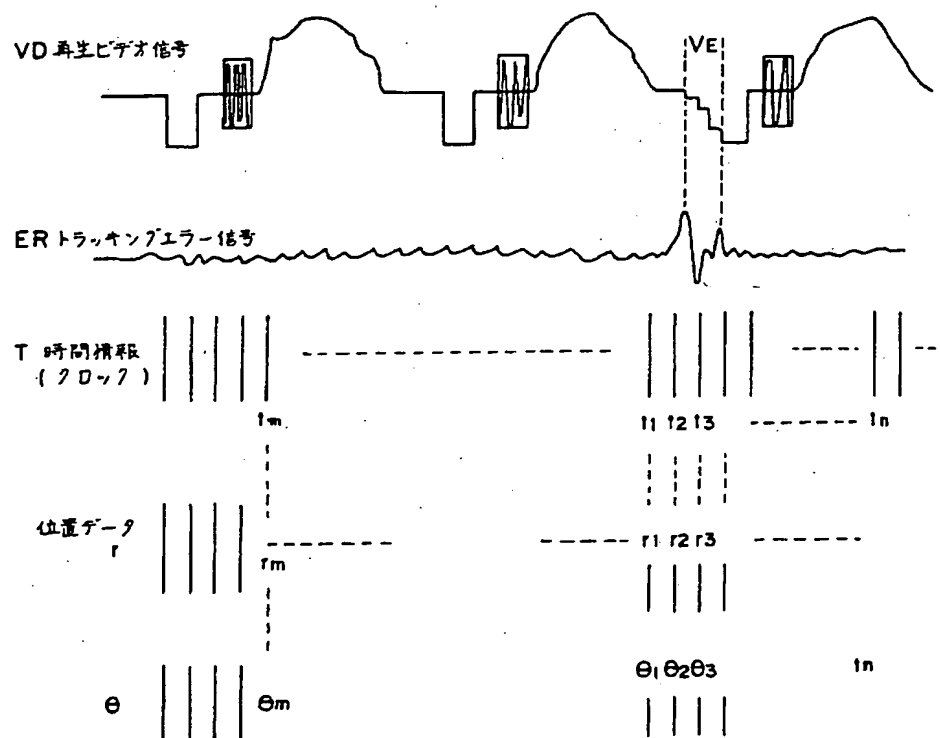
第 5 図



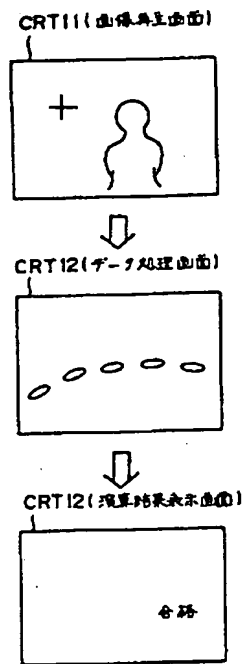
第 6 図



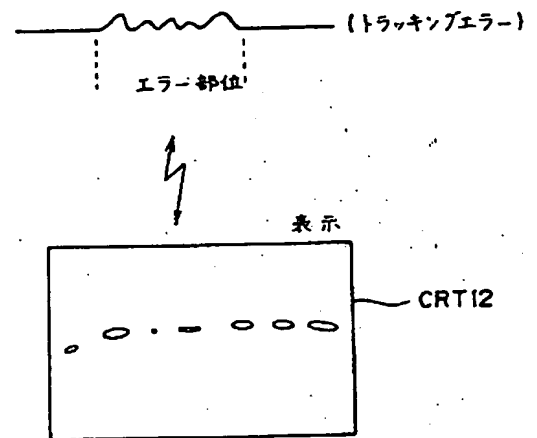
第 7 図



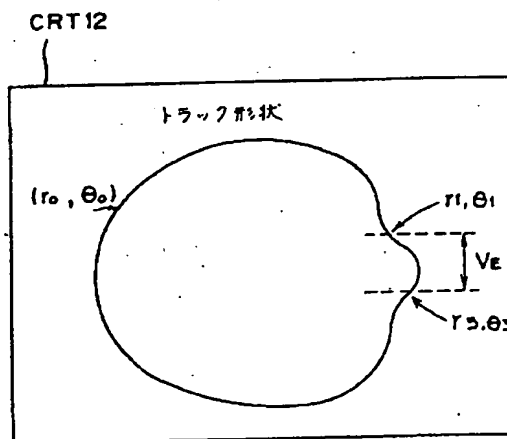
第 8 図



第 9 図



第 10 図



第 11 図

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.